

AS

3/5/1 (Item 1 from file: 351)  
 DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
 (c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012110340 \*\*Image available\*\*  
 WPI Acc No: 1998-527252/ 199845  
 XRAM Acc No: C98-158413  
 XRPX Acc No: N98-412285

Metal junction structure of semiconductor device - has second metallic material which contains gold and predetermined weight percentage of palladium and other impurities

Patent Assignee: NEC CORP (NIDE ); NIPPON ELECTRIC CO (NIDE )

Inventor: SATO S; SUZUKI K; YAMASHITA Y

Number of Countries: 004 Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 10233408	A	19980902	JP 9737338	A	19970221	199845 B
CN 1197291	A	19981028	CN 98107066	A	19980221	199911
KR 98071554	A	19981026	KR 985347	A	19980220	199953
US 6011305	A	20000104	US 9827953	A	19980223	200008

Priority Applications (No Type Date): JP 9737338 A 19970221

Patent Details:

Patent No	Kind	Jan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 10233408	A	10		H01L-021/60	
US 6011305	A			H01L-023/49	
CN 1197291	A			H01L-023/48	
KR 98071554	A			H01L-021/60	

Abstract (Basic): JP 10233408 A

The metal junction structure includes a first metallic material containing aluminium which is used for electrical connection and a second metallic material containing gold. The first metallic material also has 10 wt% of copper and its impurities. The second metallic material which has gold, also has 0.5-5 wt% of palladium and its impurities.

ADVANTAGE - Offers semiconductor device with high connection reliability.

Dwg.1/6

Title Terms: METAL; JUNCTION; STRUCTURE; SEMICONDUCTOR; DEVICE; SECOND; METALLIC; MATERIAL; CONTAIN; GOLD; PREDETERMINED; WEIGHT; PERCENTAGE; PALLADIUM; IMPURE

Derwent Class: L03; M26; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/60; H01L-023/48; H01L-023/49

International Patent Class (Additional): H01B-001/02; H01L-021/28

File Segment: CPI; EPI

3/5/2 (Item 1 from file: 347)  
 DIALOG(R) File 347:JAPIO  
 (c) 2002 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05950308 \*\*Image available\*\*  
 METAL JUNCTION STRUCTURE AND SEMICONDUCTOR DEVICE

PUB. NO.: 10-233408 A]  
 PUBLISHED: September 02, 1998 (19980902)  
 INVENTOR(s): SUZUKI KOICHI  
 SATO SADANOBU  
 YAMASHITA YUMIKO  
 APPLICANT(s): NEC CORP [000423] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)  
 APPL. NO.: 09-037338 [JP 9737338]  
 FILED: February 21, 1997 (19970221)  
 INTL CLASS: [6] H01L-021/60

JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 14.2 (ORGANIC  
CHEMISTRY -- High Polymer Molecular Compounds)  
JAPIO KEYWORD: R124 (CHEMISTRY -- Epoxy Resins)

#### ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To secure the heat resistance in the case of continuous operation by a method wherein the metallic junction structure of a semiconductor is composed of the first metallic material containing Cu in a specific wt.% and Al as residue, Pd in a specific wt.% as well as the second metallic material containing Al as substantial residue.

SOLUTION: A package 12 of a resin sealed semiconductor device is provided with a substrate 15 for mounting a semiconductor chip 11, a lead frame 16 arranged outside the semiconductor chip 11, a conductive wire 17 for electrically connecting an aluminum containing electrode 11a to a lead frame 10 and a resin 18 sealing the semiconductor chip 11. In such a constitution, an aluminum containing electrode 11a contains 0.1-10wt.% of CU and Al as substantial residue while as for the conductive wire 17, 0.5-50wt.% of Pd and Au as the substantial residue, resultantly, the operation at the junction temperature exceeding 125 deg.C in the actual applicational state can be secured.

AS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-233408

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月2日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/60

識別記号

3 0 1

F I

H 0 1 L 21/60

3 0 1 B

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平9-37338

(22) 出願日

平成9年(1997) 2月21日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 鈴木 功一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 佐藤 定信

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 山下 由美子

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

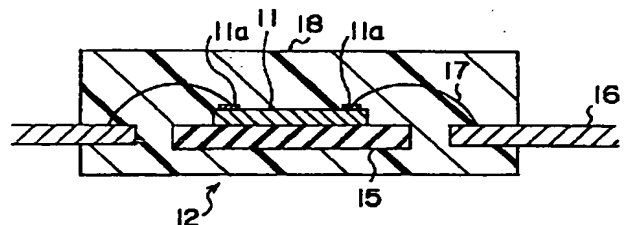
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 金属接合構造及び半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体チップのアルミニウム含有電極に金線をボンディングすると共に、半導体チップを樹脂封止した構成を有する半導体装置において、アルミニウム含有電極と金線との接合部における接続信頼性の高い半導体装置を提供する。

【解決手段】 半導体チップのアルミニウム含有電極と金線との間のジャンクション温度 ( $T_j$ ) を125~150℃で、1000時間以上の試験に耐え得る半導体装置が得られる。このため、半導体チップの封止に使用される樹脂として、140~160℃のガラス転移点を有するものを使用し、且つ、重量で1%の銅又はパラジウムを添加した金線を使用する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体装置の電気接続に用いられる Al を含む第 1 の金属材料と Au を含む第 2 の金属材料との金属接合構造であって、前記第 1 の金属材料は、0.1～10 重量%の Cu と残部として実質的に Al とを含み、前記第 2 の金属材料は、0.5～5.0 重量%の Pd と残部として実質的に Au とを含むことを特徴とする金属接合構造。

【請求項 2】 請求項 1 記載の金属接合構造において、前記第 1 の金属材料は、更に、Si を含むことを特徴とする金属接合構造。 10

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の金属接合構造において、前記第 2 の金属材料は、更に、La, Ce, Ca, 及び Bi の内の少なくとも一種を含むことを特徴とする金属接合構造。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 の内のいずれかに記載の金属接合構造において、前記第 1 の金属材料は、半導体チップ上に形成されるアルミニウム含有電極であり、前記第 2 の金属材料は、前記アルミニウム含有電極に接合される導体ワイヤであることを特徴とする金属接合構造。 20

【請求項 5】 半導体チップと、前記半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極と、前記アルミニウム含有電極に接合される電気接続のための導体ワイヤを備えた半導体装置であって、前記導体ワイヤは、0.5～5.0 重量%の Pd と残部として実質的に Au とを含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】 請求項 5 記載の半導体装置において、前記導体ワイヤは、更に、La, Ce, Ca, 及び Bi の内の少なくとも一種を含むことを特徴とする半導体装置。 30

【請求項 7】 半導体チップと、前記半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極と、前記アルミニウム含有電極に接合される電気接続のための導体ワイヤを備えた半導体装置であって、前記アルミニウム含有電極は、0.1～10 重量%の Cu と残部として実質的に Al とを含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載の半導体装置において、前記アルミニウム含有電極は、更に、Si を含むことを特徴とする半導体装置。 40

【請求項 9】 半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極に接合される電気接続のための導体ワイヤを備えた半導体装置であって、前記導体ワイヤは、0.5～5.0 重量%の Pd と残部として実質的に Au とを含み、前記アルミニウム含有電極は、0.1～10 重量%の Cu と残部として実質的に Al とを含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 10】 請求項 9 記載の半導体装置において、前記導体ワイヤは、更に、La, Ce, Ca, 及び Bi の内の少なくとも一種を含むことを特徴とする半導体装置。 50

置。

【請求項 11】 請求項 9 又は 10 記載の半導体装置において、前記アルミニウム含有電極は、更に、Si を含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 12】 半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極に電気接続のための導体ワイヤを接合して、前記半導体チップとともに封止した半導体装置であって、ガラス転移温度が 160℃ 以下の封止用樹脂によって封止されていることを特徴とする樹脂封止型半導体装置。

【請求項 13】 請求項 12 記載の樹脂封止型半導体装置において、前記導体ワイヤは、0.5～5.0 重量%の Pd と残部として実質的に Au とを含み、前記アルミニウム含有電極は、0.1～10 重量%の Cu と残部として実質的に Al とを含み、前記封止用樹脂のガラス転移温度を制御することによって、LSI 動作時の接合温度が 100～200℃ の範囲における高温動作寿命を延命し、かつ基板実装時の熱変化による前記封止用樹脂の破断及び耐湿性の悪化を防止したことを特徴とする樹脂封止型半導体装置。

【請求項 14】 半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極に電気接続のための導体ワイヤを接合して、前記半導体チップとともに封止した半導体装置であって、セラミック製又は金属製の中空パッケージによって気密封止されていることを特徴とする気密封止型半導体装置。

【請求項 15】 請求項 14 記載の気密封止型半導体装置において、前記導体ワイヤは、0.5～5.0 重量%の Pd と残部として実質的に Au とを含み、前記アルミニウム含有電極は、0.1～10 重量%の Cu と残部として実質的に Al とを含み、LSI 動作時の接合温度が 100～250℃ の範囲における高温動作寿命を延命したことを特徴とする気密封止型半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体チップを樹脂封止又は気密封止した構成を有する半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、半導体装置は、通常、半導体チップと、これを封止したパッケージとを備えている。また、半導体装置は多種多様な分野における機器に使用される傾向にあり、その応用分野は更に広がるものと考えられる。特に、マルチメディア等のように、大量の情報を瞬時に処理する必要のある分野においては、より高密度化及びより超微細化された半導体装置が要求されており、この要求は、今後更に強まるものと思われる。このような要求に応えるために、半導体チップにおける微細化技術の進歩は目覚ましいものがある。

【0003】 このように、高密度化及び超微細化された

半導体チップは、外部との電氣的接続のために、多数の電極を備えており、これら電極はアルミニウムによって形成されている場合が多い。一方、半導体チップを実装するパッケージは、半導体チップを取り付けるための実装基板及び半導体チップのアルミニウム電極と電氣的に接続されるリードフレームとを有している。

【0004】ここで、半導体チップをパッケージに実装することによって構成された半導体装置には、半導体チップを実装基板上に取り付けると共に、半導体チップの電極をリードフレームに対して、導体線によって電氣的に接合する形式のものがある。

【0005】このような半導体装置では、半導体チップを樹脂によって、導体線及びリードフレームの一部と共に樹脂封止するパッケージ方式（以下、樹脂封止方式と呼ぶ）が、その量産性のために広く採用されている。

【0006】樹脂封止方式の半導体装置の場合、半導体チップ上のアルミニウム電極と接合される導体線として、金線が使用されるのが普通である。これは、金が大きい展延性を有しているため、樹脂の充填時及び充填後の応力に対して断線しにくいこと、金属の中で最も不活性であり、樹脂中の不純物及び水分により腐食しないこと、更に、大気中でも酸化されないこと等のためである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上記した半導体チップを樹脂によって封止する樹脂封止方式により製造された半導体装置は、その内部において発生する熱によって高温になった場合、或いは、高温雰囲気中に放置された場合、半導体チップのアルミニウム電極と、このアルミニウム電極をリードフレームに電氣的に接続する金線との接合部に、合金層が生じ、結果として、短時間に接合強度が弱くなるという欠点がある。更に、高温試験を長時間にわたって行った場合、上記したアルミニウム電極にカーケンドールボイドと呼ばれる亀裂が発生することも指摘されている。したがって、この樹脂封止方式の半導体装置は、接続信頼性が著しく劣るという欠点がある。

【0008】マルチメディア等の大量の情報を瞬時に処理する必要のある分野に用いられる半導体装置は技術の進歩による高密度化、高速化によって、1チップあたりの発熱量は、従来の半導体装置より大きなものとなってきている。

【0009】従来の樹脂封止型半導体装置は半導体チップのジャンクション温度は100℃以下、車載用等特殊な用途を考えても125℃以下での動作を考えれば十分であった。従来はそれ以外の大電力を消費する特殊な用途のLSIではセラミックパッケージ等の気密封止パッケージが用いられていた。また、大電力を消費する用途に樹脂封止型半導体装置が用いられる場合には必ずヒートシンク等を用いることによって、半導体チップのジャンクション温度が一定以上上がらないようにしていた。

【0010】しかし、セラミックパッケージに組み込んだ半導体装置は製造工程が複雑で高価なものとなるため、量産性、経済性の面で、樹脂封止型半導体装置に置き換えることはできない。また、樹脂封止型半導体装置にヒートシンクを設け、大電力を消費してもジャンクション温度が上がらないようにすることも、ヒートシンクを設けることにより、製造工程が複雑になるため、量産性、経済性の面で問題がある。

【0011】そのような事情から、マルチメディア等の分野で用いられる発熱量の大きな高速、高密度LSIを経済的に量産するためには125℃以上のジャンクション温度を保証する樹脂封止型半導体装置が必要とされるようになってきた。

【0012】そこで、本発明者らは、樹脂封止型半導体装置で125℃以上のジャンクション温度を保証すべく、実験検討を行った。

【0013】その結果、150℃のジャンクション温度を保証しようとした場合、アルミ電極と金ワイヤのボンディング部の接合部の接合強度の劣化が問題となることが判明した。150℃以上のジャンクション温度を長時間保った場合、アルミ電極部と金ワイヤの接合部にパーブルブレーグなどの合金層が成長し、これがアルミ電極と金ワイヤ間の接合強度の劣化をもたらし、アルミ電極と金ワイヤ間が断線する故障が発生するからである。

【0014】さらに、アルミ電極部と金ワイヤのボンディング部の接合強度劣化によるアルミ電極と金ワイヤの断線故障が発生する確率は封止樹脂のガラス転移点に依存することがわかった。すなわち、ガラス転移点が150℃以下の低い樹脂も用いた場合には、アルミ電極と金ワイヤの断線が生じる確率は高い一方、ガラス転移点200℃程度と高い樹脂を用いて封止すれば、アルミ電極と金ワイヤ間の断線する確率は低かった。

【0015】しかし、ガラス転移点の高い樹脂は、ヤング率が低く堅い反面、可撓性（しなやかさ）がないため、実装性に問題がある。すなわち、樹脂が水分を吸湿した状態で、半田付けの加熱を行うと樹脂内部の水分が急激に蒸発し樹脂クラックが発生しやすいからである。

【0016】また、実使用状態で125℃以上のジャンクション温度での動作を保証するためには、150℃以上望ましくは175～200℃で加速度寿命試験等の信頼性試験を行う必要がある。効率的に信頼度の高い加速度寿命試験を行うには保証するジャンクション温度より約50℃高い温度で加速度寿命試験を行うことが望ましいからである。

【0017】一方、特開平2-119148号公報では、破断強度、接合強度を高めるために、銅を含有した金線を使用することが開示されている。また、特開平4-229631号公報には、金線自身の強度を高めるために、銅を含有した金線を提案している。更に、特公昭62-23455号公報には、破断強度及び接合強度を

高めるために、金にパラジウムを含有させた金線を使用することが提案されている。

【0018】しかしながら、これらの公報においては、単に、金線自身の破断強度及び接合強度を高めることのみが考慮されており、金線を半導体チップと共に、樹脂封止することによって、半導体装置を構成した場合の問題点については開示されていない。したがって、金線を樹脂封止した場合において、樹脂による応力と金線の破断強度等の関係を上記した公報から類推することはできない。

【0019】そこで、本発明の一技術的課題は、連続動作させた場合の耐熱性を保証できる半導体装置を提供することにある。

【0020】また、本発明のもう一つの技術的課題は、半導体装置をプリント基板に実装する際の樹脂のクラック発生を防止した半導体装置を提供することにある。

【0021】また、本発明の更にもう一つの技術的課題は、累積故障率を低下させることができる半導体装置を提供することにある。

【0022】また、本発明の他の技術課題は、上記半導体装置の利点を備えた樹脂封止型半導体装置を提供することにある。

【0023】さらに、本発明の別の技術的課題は、上記半導体装置の利点を備えた気密封止型半導体装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、半導体装置の電気接続に用いられるAlを含む第1の金属材料とAuを含む第2の金属材料との金属接合構造であって、前記第1の金属材料は、0.1～10重量%のCuと残部として実質的にAlとを含み、前記第2の金属材料は、0.5～5.0重量%のPdと残部として実質的にAuとを含むことを特徴とする金属接合構造が得られる。

【0025】ここで、本発明の金属接合構造において、前記第1の金属材料は、更に、Siを含むことが好ましい。

【0026】また、本発明の金属接合構造において、前記第2の金属材料は、更に、La、Ce、Ca、及びBiの内の少なくとも一種を含むことがより好ましい。

【0027】また、本発明の金属接合構造において、前記第1の金属材料は、半導体チップ上に形成されるアルミニウム含有電極であり、前記第2の金属材料は、前記アルミニウム含有電極に接合される導体ワイヤであることが最も好ましい。

【0028】また、本発明によれば、半導体チップと、前記半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極と、前記アルミニウム含有電極に接合される電気接続のための導体ワイヤを備えた半導体装置であって、前記導体ワイヤは、0.5～5.0重量%のPdと残部として

実質的にAuとを含むことを特徴とする半導体装置が得られる。

【0029】ここで、本発明の半導体装置において、前記導体ワイヤは、更に、La、Ce、Ca、及びBiの内の少なくとも一種を含むことが好ましい。

【0030】また、本発明によれば、半導体チップと、前記半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極と、前記アルミニウム含有電極に接合される電気接続のための導体ワイヤを備えた半導体装置であって、前記アルミニウム含有電極は、0.1～10重量%のCuと残部として実質的にAlとを含むことを特徴とする半導体装置が得られる。

【0031】ここで、本発明において、前記アルミニウム含有電極は、更に、Siを含むことが好ましい。

【0032】また、本発明によれば、半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極に接合される電気接続のための導体ワイヤを備えた半導体装置であって、前記導体ワイヤは、0.5～5.0重量%のPdと残部として実質的にAuとを含み、前記アルミニウム含有電極は、0.1～10重量%のCuと残部として実質的にAlとを含むことを特徴とする半導体装置が得られる。

【0033】ここで、本発明の半導体装置において、前記導体ワイヤは、更に、La、Ce、Ca、及びBiの内の少なくとも一種を含むことが好ましい。

【0034】また、本発明の前記半導体装置において、前記アルミニウム含有電極は、更に、Siを含むことがより好ましい。

【0035】また、本発明によれば、半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極に電気接続のための導体ワイヤを接合して、前記半導体チップとともに封止した半導体装置であって、ガラス転移温度が160℃以下の封止用樹脂によって封止されていることを特徴とする樹脂封止型半導体装置が得られる。

【0036】ここで、本発明の前記樹脂封止型半導体装置において、前記導体ワイヤは、0.5～5.0重量%のPdと残部として実質的にAuとを含み、前記アルミニウム含有電極は、0.1～10重量%のCuと残部として実質的にAlとを含み、前記封止用樹脂の可撓性を制御することによって、LSI動作時の接合温度が100～200℃の範囲における高温動作寿命を延命し、かつ基板実装時の熱変化による前記封止用樹脂の破断及び耐湿性の悪化を防止することが好ましい。

【0037】また、本発明によれば、半導体チップ上に形成されたアルミニウム含有電極に電気接続のための導体ワイヤを接合して、前記半導体チップとともに封止した半導体装置であって、セラミック製又は金属製の中空パッケージによって気密封止されていることを特徴とする気密封止型半導体装置が得られる。

【0038】ここで、本発明の前記半導体装置において、前記導体ワイヤは、0.5～5.0重量%のPdと

残部として実質的にAlとを含み、前記アルミニウム含有電極は、0.1~10重量%のCuと残部として実質的にAlとを含み、LSI動作時の接合温度が100~250℃の範囲における高温動作寿命を延命した構成を有することが好ましい。

【0039】また、本発明においては、封止用樹脂として、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、ビフェニール型エポキシ樹脂を用いることができるがこれらに限定されるものではない。

【0040】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0041】図1は本発明の実施の形態による半導体装置の概略構成を説明するための断面図である。図1を参照すると、本発明の一実施の形態に係る半導体装置は、複数のアルミニウム含有電極11a、11aを備えた半導体チップ11と、当該半導体チップ11を封止したパッケージ12とを有している。以下では、アルミニウム含有電極として、純アルミニウムによって形成された電極を例にとって説明するが、アルミニウムにシリコンをドープした電極、アルミニウムにシリコンと銅をドープした電極、及び、アルミニウムに銅をドープした電極等をもアルミニウム含有電極として使用できる。

【0042】また、パッケージ12は、半導体チップ11を搭載するための基板15、半導体チップ11の外側に配置されたリードフレーム16、半導体チップ11上のアルミニウム含有電極11aとリードフレーム16とを電気的に接続するための導体ワイヤ17、及び、半導体チップ11を樹脂封止する樹脂18とを備えている。樹脂18は、半導体チップ11だけでなく、導体ワイヤ17及びリードフレーム16の一部をも封止している。この形式の半導体装置は、通常、樹脂封止型半導体装置と呼ばれている。

【0043】ここで、導体ワイヤ17としては、この種の高密度の半導体チップ11では、金線が上述した理由で使用されているが、金と銅の合金線、1%のPdを含有する金線も使用することができる。この導体ワイヤ17は半導体チップ11上のアルミニウム含有電極11aにボンディングされると共に、リードフレーム16にもボンディングされている。このような半導体装置は、樹脂封止の際に、半導体チップ11及び導体ワイヤ17を溶解された樹脂によって封止することによって製作されている。また、半導体装置は、半田等をリフローすることによって、基板15、或いは、プリント基板上に実装される。

【0044】したがって、この種の半導体装置は、耐半田リフロー性を備えると共に、導体ワイヤ17とアルミニウム含有電極との間の接合部の高温における接続信頼性において優れていることが望ましい。上記した接続信頼性を改善するために、従来、樹脂及び金線の改良が企

図されているが、半導体チップ11を樹脂封止した状態で高温で通電、動作させ、この動作状態で導体ワイヤ17とアルミニウム含有電極との間の接続信頼性を保証することについて、未だ定量的に規格化されていないのが実情である。

【0045】ここで、本発明者等は、樹脂封止型半導体装置における動作温度保証を定量的にあらわす因子として、導体ワイヤ17と半導体チップ11との間のジャンクション温度( $T_j$ )に着目し、このジャンクション温度( $T_j$ )により、樹脂封止型半導体装置の接続信頼性を保証できることを見出したものである。

【0046】今、半導体装置の置かれる雰囲気温度を $T_a$ (℃)、パッケージ12全体の熱抵抗を $R_{th}$ (℃/W)、半導体装置に与えられる電力を $P_0$ (W)とした場合、ジャンクション温度( $T_j$ )は、 $T_j = T_a + R_{th}P_0$ であらわすことができ、且つ、パッケージ12全体の熱抵抗 $R_{th}$ は、半導体チップ11とパッケージ12の樹脂18との間の熱抵抗 $R_{th}(j-c)$ と、樹脂18と外部雰囲気との間の熱抵抗 $R_{th}(c-a)$ との和であらわすことができる。

【0047】本発明者等の実験、研究によれば、125~150℃のジャンクション温度( $T_j$ )で、導体ワイヤ17とアルミニウム含有電極との間の接続信頼性が保証できれば、従来の半導体装置に比較して極めて接続信頼性の高い半導体装置が得られることが判明した。特に、高速動作を行う半導体装置では、消費電力が大きくなるため、ジャンクション温度( $T_j$ )を125~150℃の範囲内にすることは、極めて大きな意味を持っている。

【0048】ここで、125~150℃のジャンクション温度( $T_j$ )を達成するためには、雰囲気温度( $T_a$ )及び電力 $P_0$ をそれぞれ100℃及び1Wとすると、上式からも明らかな通り、パッケージ全体の熱抵抗 $R_{th}$ を20℃/W程度にする必要がある。また、前述したジャンクション温度( $T_j$ )で、1000時間以上保たれた時における接続信頼性が保証できれば、半導体装置の実際の動作中における接合部の接続信頼性が予測でき完全に時間保証できることが判った。

【0049】この観点に基づいた研究の結果、本発明者等は、樹脂のガラス転移点温度( $T_g$ )を従来提案されている樹脂に比較して、高くすると共に、使用される金線の組成を選択することにより、125~150℃のジャンクション温度を達成できることを見出した。

【0050】また、本発明においては、半導体チップを封止する樹脂18のガラス転移点 $T_g$ を140~160℃となるように、樹脂18に含有される成分中のシリカの量を調整した。この場合、ガラス転移点( $T_g$ )が140℃より低い樹脂では、120℃以上のジャンクション温度( $T_j$ )で、1000時間以上保証できず、且つ、ガラス転移点( $T_g$ )が160℃を越えると、半導

体装置の実装時に樹脂 18 にクラックが発生した。

【0051】更に、140～160℃のガラス転移点を有する樹脂 18 を使用した場合、樹脂封止した時に導体ワイヤ 17 に加わる応力との関係を考慮しておく必要があることも判明した。

【0052】実験によれば、不純物を含まない通常金線では、150℃における高温保存試験の際、カーケンドールボイドの発生により、故障率が高くなり、また、1000時間の保証ができないことが判った。

【0053】このため、上記した樹脂 18 と関連して、導体ワイヤ 17 の組成を検討した結果、金線として、重量で 1% の銅又は又はパラジウムを添加した金を使用すれば、150℃における高温保存試験によって、1000時間以上の寿命を保証でき、且つ、実装時における故障率をも著しく低下できることが確認された。

【0054】このように、1% の銅を添加した金線を使

用した場合、アルミニウム含有電極 11a との間に、金線中の銅が介在することになるため、結果として、金とアルミニウムとが合金を形成する時間が遅くなるためと考えられる。更に、金線中の銅の割合が増加すると、銅自体が酸化されやすいため、銅の酸化膜が金線の先端に形成され、ボンディングが難しくなるため、金線中の銅の量は、重量で、0.5～5.0% の範囲が望ましい。同様に、金線中のパラジウムの量は、重量で、0.5～5.0% の範囲が望ましい。

【0055】また具体的に本発明者らは、導体ワイヤ 17 とアルミニウム (Al) 含有電極 11a との材質による寿命の違いについても詳細に検討した。その結果を表 1 及び表 2 に示す。

【0056】

【表 1】

導体ワイヤ (材質)	Au	Au	Au・Cu	1%Pd
Al 含有電極 (材質)	Al・Si	Al・Si・Cu	Al・Si	Al・Si・Cu
寿命: $T_j = 150^\circ\text{C}, 10\text{ppm}$	553Hr (2310)	1130Hr (4710)	1220Hr (5160)	14200Hr (59800)
比率	1	2 倍	2.2 倍	25.7 倍

備考) 100pTQFP, ( ) 内は  $T_j = 125^\circ\text{C}$  での寿命

【0057】

【表 2】

導体ワイヤ (材質)	Au	1%Pd
Al 含有電極 (材質)	Al・Si・Cu	Al・Si・Cu
寿命: $T_j = 150^\circ\text{C}, 10\text{ppm}$	519Hr (5280)	>5370Hr
比率	1	>10.3 倍

備考) 208pQFP, ( ) 内は  $T_j = 125^\circ\text{C}$  での寿命

上記表 1 に示すように、導体ワイヤ 17 として用いた金線と Al 含有電極 11a として用いた Al・Si 合金との組み合わせの寿命を 1 とした場合に、金線と Al・Si・Cu 電極では、その寿命は 2 倍となり、Au・Cu 線と Al・Si 電極では、その寿命は 2.2 倍となり、1%Pd 含有金線と Al・Si・Cu 電極では、その寿命は 25.7 倍となっている。

【0058】また、上記表 2 に示すように、導体ワイヤ 17 として用いた金線と Al 含有電極 11a として用いた Al・Si・Cu 合金との組み合わせの寿命を 1 とした場合に、1%Pd 含有金線と Al・Si・Cu 電極では、その寿命は 10.3 倍となっている。

【0059】ここで、半導体装置の故障のメカニズム、即ち、半導体チップに設けられた Al 含有電極 11a か

ら導体ワイヤ 17 の接合構造からの脱落等について、図 2 を用いて説明する。

【0060】図 2 (a) において、導体ワイヤ 17 である Au ワイヤと Al 含有電極 11a との間に合金層 21 が形成され、この合金層 21 と Au ワイヤとの間にカーケンドールボイド 22 と呼ばれる空孔が発生し、Au ワイヤ脱離の原因となっている。

【0061】これに対して、図 2 (b) において、1%Pd 含有 Au ワイヤでは、合金層 23 が生成するが、この合金層 23 との間にカーケンドールボイドが発生せず、合金層 23 の基板からの直接剥離がワイヤ脱離の原因と成っているため、1%Pd 含有 Au ワイヤでは、寿命が極めて長いものと推測される。

【0062】図 3 はガラス転移点 ( $T_g$ ) と、累積故障



率 (ppm) との関係を示す図である。図3を参照すると、銅を含有しない金線を150℃のガラス転移点を有する樹脂Aによって樹脂封止した場合、累積故障率は1000ppmであったが、銅を1%含有する金線を使用して、同じ樹脂により樹脂封止した場合、累積故障率を10ppmより小さくすることができた。また、200℃のガラス転移点を有する樹脂Bを使用した場合、累積故障率を低下させることができたが、実装性が悪く、実用的ではないことが判明した。

【0063】上に述べた実施の形態では、金線として、金に銅を添加する場合のみについて説明したが、金に重量で1.0%のパラジウムを添加した金線を使用しても同様な結果が得られる。実際に、樹脂Aを使用すると共に、1%のパラジウムを含有する金線を使用した場合、図2に示すように、150℃、1000時間の試験を行った場合の累積故障率は0.8ppmであり、1%の銅を含有する金線を使用した場合よりも、累積故障率を低下させることができた。

【0064】図3に示した結果から、ガラス転移点 (T

g) が140℃～160℃程度に高い樹脂を使用すると、接合部における高温寿命を長くすることができると共に、実装も良好に行えることが判る。これは、ガラス転移点 (Tg) が140℃～160℃程度の樹脂を使用した場合、ガラス転移点 (Tg) がそれ以上の温度雰囲気において、樹脂中の不純物が漏出又は揮発し、この成分が合金反応を促進させること、及び、ガラス転移点 (Tg) が高い樹脂はガラス転移点 (Tg) 近傍から上側の温度の変化と共に応力が加わる温度域の全ストレスを受けないことが考えられる。本発明者等の実験した樹脂の場合には、ガラス転移点 (Tg) 以上における応力の影響を受けないために、接合部における高温寿命を改善できるものと予測される。

【0065】また、樹脂18と、導体ワイヤ17と、Al含有電極11aとの材質の違いによる半導体装置の寿命についても調査した。その結果を、下記表3に示す。

【0066】

【表3】

パッケージ 品名	樹脂	導電 ワイヤ	Al含有電極	150℃ 10ppm 寿命 (hr)	125℃ 10ppm 寿命 (hr)	活性化エ ネルギー ΔE
試作品A 100pTQP	樹脂A Tg=149℃	Au	Al・Si	55 <sup>3</sup>	2310	0.84
	樹脂D Tg=160℃	"	"	926	3890	"
	樹脂B Tg=195℃	"	"	1350	5770	"
	樹脂A	Au・Cu	"	1220	5160	"
試作品B 100pTQP	樹脂A	Au	Al・Si・Cu	1130	4710	0.80
	"	Au・Pd	"	14200	58800	"
試作品C 208pQFP	樹脂C	Au	"	519	5280	1.2
	"	Au・Pd	"	5370以上	51900 以上	"

上記表3に示すように、AuワイヤーをAu-Pd線に、また、Al-Si電極パッドとAl-Si-Cuに変更することによって、夫々寿命が12倍、2倍となることが判明した。

【0067】また、信頼性評価のために、1%Pd-A

u線を用いて、温度サイクルー65～150℃で試験を行った。その結果を下記表4に示す。

【0068】

【表4】

品 名	試験項目	サンプル	結果
試作品C 208pQFP	温度サイクル (-65~150℃)	Au・Pd	500 サイクル 0/20
		従来品Au	"
	PCT (125℃、2.3atm)	Au・Pd	300 Hr 0/20
		従来品Au	"
試作品D 160pQFP	前+温度サイクル (-65~150℃)	Au・Pd	500 サイクル 0/20
		従来品Au	"
	前+PCT (125℃、2.3atm)	Au・Pd	300 Hr 0/20
		従来品Au	"
試作品E 64pQFP 試作品F 44pQFP	前+温度サイクル (-65~150℃)	Au・Pd	1000サイクル 0/12

表4に示すように、Au-Pd線は、従来のAu線と同等の寿命以外の信頼性を有していることが判明した。

【0069】図4乃至図6は、本発明の実施の形態による半導体装置における高温保管によるパープルブレイグ評価について示す図である。図4は、パッケージ名100pTQFP (Thin Quad Flat Package)におけるAl含有電極としてAl・Siを用いた場合、図5は、パッケージ名100pTQFPにおけるAl含有電極としてAl・Si・Cuを用いた場合、図6はパッケージ名208pQFP (Quad Flat gull loaded Package)におけるAl含有電極としてAl・Si・Cuを用いた場合を夫々示している。

【0070】図4乃至図6に示すように、導体ワイヤ17であるAuワイヤをAu・Pd線に変更した場合、寿命は12倍となり、AuワイヤをAu・Cu線に変更した場合、寿命は2倍となり、Al含有電極11aとしてAl・SiからAl・Si・Cuに変更した場合、寿命は2倍となることが判明した。

【0071】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、140~160℃のガラス転移点を有する樹脂、及び、銅またはパラジウムを含有する金ワイヤを使用することによって、125℃以上のジャンクション温度での動作を保証することができる樹脂封止型半導体装置を提供することができる。

【0072】また、ジャンクション温度を150~20

0℃に設定して樹脂封止型半導体装置の信頼性試験を行うことにより、ジャンクション温度125℃以上での実使用条件での動作保証を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の態様に係る半導体装置の要部の概略構成を説明するための断面図である。

【図2】半導体装置のボンディング部の故障のメカニズムの説明に供せられる図である。

【図3】ガラス転移点(Tg)と、累積故障率(ppm)との関係を示す図である。

【図4】ボンディングワイヤーのパープルブレイグ評価を示す図である。

【図5】ボンディングワイヤーのパープルブレイグ評価を示す図である。

【図6】ボンディングワイヤーのパープルブレイグ評価を示す図である。

【符号の説明】

11 半導体チップ

11a アルミニウム(Al)含有電極

12 パッケージ

15 基板

16 リードフレーム

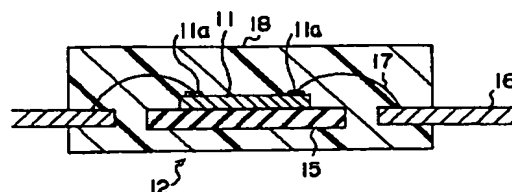
17 導体ワイヤ

18 樹脂

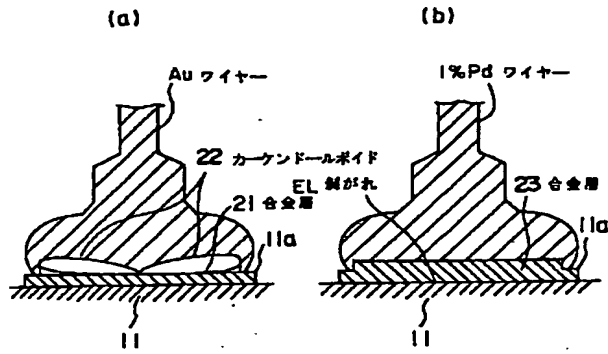
40 21, 23 合金層

22 カーケンドールボイド

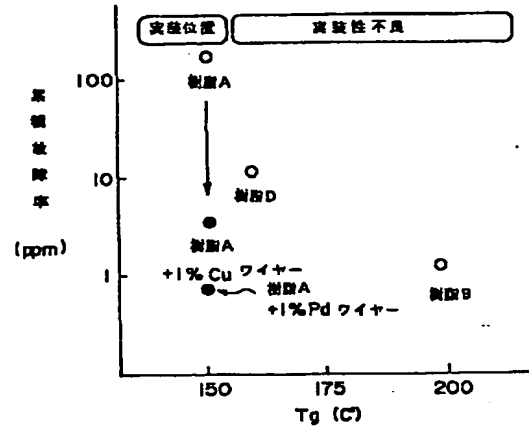
【図1】



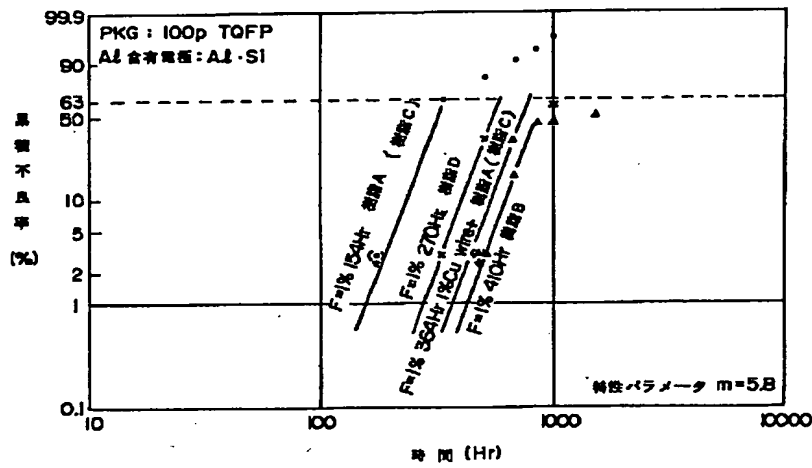
【図2】



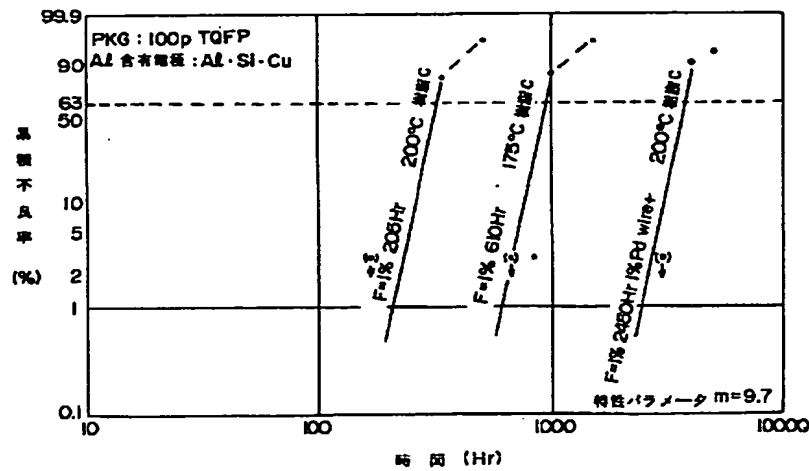
【図3】



【図4】



【図5】



【図 6】

